

# **PENGARUH SUHU TERHADAP SERAPAN INFRAMERAH DEKAT SENYAWA EUGENOL**

Oleh,

**Yulianti. Gimbaro**  
**NIM : 192012701**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan kepada Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Matematika guna memenuhi  
sebagian dari persyaratan untuk mencapai gelar Sarjana Pendidikan Fisika**

**Program Studi Fisika**



**Fakultas Sains dan Matematika**  
**Universitas Kristen Satya Wacana**  
**Salatiga**  
**2017**

**PENGARUH SUHU TERHADAP SERAPAN INFRAMERAH DEKAT  
SENYAWA EUGENOL**

Oleh:

Yulianti. Gimbaro  
NIM : 192012701

**TUGAS AKHIR**

Diajukan kepada Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Matematika guna memenuhi sebagian  
dari persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan Fisika

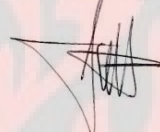
Disetujui oleh,

Pembimbing I,



Prof. Dr. Ferdy. S. Rondonuwu, Sp.Pd., M.Sc

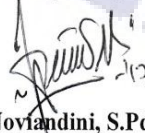
Pembimbing II,



Nur Aji Wibowo, S.Si., M.Si

Diketahui oleh,

Kaprogdi,



Diane Novlandini, S.Pd., M.Pd

Disahkan oleh,

Dekan,



Dr. Suryasatriya Trihandaru, M.Sc. Nat

**FAKULTAS SAINS DAN MATEMATIKA  
UNIVERSITAS KRISTEN SATYA WACANA  
SALATIGA  
2017**



## PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Yulianti. Gimbaro  
NIM : 192012701 Email : yulianti.gimbaro85@gmail.com  
Fakultas : Sains Dan Matematika Program Studi : Pendidikan Fisika  
Judul tugas akhir : Pengaruh Suhu Terhadap Serapan Inframerah Dekat Senyawa Eugenol  
Pembimbing : 1. Prof. Dr. Ferdy S Rondonuwu, S.Pd., M.Sc  
2. Nur Aji Wibowo, S.Si., M.Si

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Hasil karya yang saya serahkan ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar kesarjanaan baik di Universitas Kristen Satya Wacana maupun di institusi pendidikan lainnya.
2. Hasil karya saya ini bukan saduran/terjemahan melainkan merupakan gagasan, rumusan, dan hasil pelaksanaan penelitian/implementasi saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan pembimbing akademik dan narasumber penelitian.
3. Hasil karya saya ini merupakan hasil revisi terakhir setelah diujikan yang telah diketahui dan disetujui oleh pembimbing.
4. Dalam karya saya ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali yang digunakan sebagai acuan dalam naskah dengan menyebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya. Apabila di kemudian hari terbukti ada penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya saya ini, serta sanksi lain yang sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Universitas Kristen Satya Wacana.

Salatiga, 16 Februari 2017



Yulianti. Gimbaro



## PERNYATAAN PERSETUJUAN AKSES

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Yulianti. Gimbaro  
NIM : 192012701 Email : yulianti.gimbaro85@gmail.com  
Fakultas : Sains Dan Matematika Program Studi : Pendidikan Fisika  
Judul tugas akhir : PENGARUH SUHU TERHADAP SERAPAN INFRAMERAH DEKAT SENYAWA  
EUGENOL

Dengan ini saya menyerahkan hak *non-eksklusif*\* kepada Perpustakaan Universitas – Universitas Kristen Satya Wacana untuk menyimpan, mengatur akses serta melakukan pengelolaan terhadap karya saya ini dengan mengacu pada ketentuan akses tugas akhir elektronik sebagai berikut (beri tanda pada kotak yang sesuai):

- ☒ a. Saya mengizinkan karya tersebut diunggah ke dalam aplikasi Repositori Perpustakaan Universitas, dan/atau portal GARUDA
- ☐ b. Saya tidak mengizinkan karya tersebut diunggah ke dalam aplikasi Repositori Perpustakaan Universitas, dan/atau portal GARUDA\*\*

\* Hak yang tidak terbatas hanya bagi satu pihak saja. Pengajar, peneliti, dan mahasiswa yang menyerahkan hak non-eksklusif kepada Repositori Perpustakaan Universitas saat mengumpulkan hasil karya mereka masih memiliki hak copyright atas karya tersebut.

\*\* Hanya akan menampilkan halaman judul dan abstrak. Pilihan ini harus dilampiri dengan penjelasan/ alasan tertulis dari pembimbing TA dan diketahui oleh pimpinan fakultas (dekan/kaprodi).

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Salatiga, 16 Februari 2017

Yulianti. Gimbaro

Mengetahui,

Prof. Dr. Ferdy S Rondonuwu, S.Pd., M.Sc

Nur Aji Wibowo, S.Si., M.Si



SEGALA PERKARA DAPAT KU TANGGUNG DIDALAM DIA YANG MEMBERIKAN KEKUATAN KEPADA KU. Filipi 4:13

PERTOLONGAN KU IALAH DARI TUHAN, YANG MENJADIKAN LANGIT DAN BUMI. IA TAK AKAN MEMBIARKAN KAKI MU GOYAH, PENJAGA MU TAK AKAN TERLELAP. Mazmur 121:3,4.

Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk :

PAPA tersayang .....

Saya tahu Papa tidak akan pernah bisa mendengar suara saya lagi secara langsung, tetapi saya percaya bahwa melalui doa yang saya panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus, salam rindu dan pelukan hangat dari lubuk hati yang paling dalam, dari anaknya Papa, akan tersampaikan.

Terima kasih Papa. Terima kasih atas semua hal yang telah Papa berikan bagi saya. I LOVE YOU SO MUCH, DAD!!

MAMA tersayang .....

1956

Terimakasih telah menghadirkan ku ke dunia dan menjadi Ibu terbaik dan terhebat dalam kehidupan Uli dan Ade Po. I LOVE YOU SO MUCH, MOM!!

Ade ku yang paling baik sedunia, Moran Moses Gimbaro .....

Ada maksud Tuhan Yesus mengirim mu didalam kehidupan ku. Terimakasih atas semua pengorbanan mu selama ini. Kakak Uli banyak sekali belajar tentang arti pengorbanan dari Ade Po.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus, Pembimbing kehidupan saya, atas semua perbuatan-perbuatanNya yang ajaib yang tak terselami oleh akal pikiran saya. Karena Dia, saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir saya dengan baik.

Pada kesempatan ini, saya ingin mengucapkan terimakasih kepada :

1. Prof. Dr. Ferdy S Rondonuwu, S.Pd., M.Sc, selaku dosen pembimbing I atas kebijaksanaan dan kesabaran beliau membimbing saya dalam penulisan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Nur Aji Wibowo, S.Si., M.Si, selaku dosen pembimbing II saya dalam memberikan pengarahan dan saran selama saya menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Diane, atas tawaran bantuanyang Ibu berikan kepada, saat saya mengalami “kegalauan” dalam menyikapi dan mencari solusi beberapa masalah yang saya hadapi ketika saya menulis Tugas Akhir ini. Terimakasih atas nasehat-nasehat bijaksana dari Ibu. Saya akan selalu mengingatnya.
4. Semua dosen Fisika yang mengajari dan mendidik saya selama 12 tahun saya kuliah di Universitas Kristen Satya Wacana.
5. Kedua orang tua saya, Mama dan almarhum Papa, atas Kasih Sayang yang tulus, yang tidak ada duanya didunia ini.
6. Adik saya Moses, atas pengorbanan dan pengertian yang Ade lakukan, saat Kakak awal masuk kuliah di Salatiga sampai sekarang. Po adalah Adik terbaik sedunia.
7. Seluruh keluarga besar saya, papa tua dan mama tua Mona, papa tua dan mama tua Haka, papa ade dan mama ade Ria, papa ade dan mama ade Nova, papa ade dan mama ade Ika. Kakak-kakak dan adik-adik sepupu saya, kakak Tius Lantigimo, kakak Westan Lantigimo dan kakak Oce, kakak Dian, kakak Mona, kakak Wati, ade Ika, ade Eddys, ade Ain, ade Angki, ade Ria, dan semua saudara-saudara saya yang tidak sempat saya tulis disini, atas semangat yang kalian berikan kepada saya selama saya kuliah disini.
8. Teman-teman masa kecil saya, yang juga memberikan semangat kepada saya.
9. Teman-teman saya disini, atas pertemanan yang selama ini terjalin. Kalian adalah teman-teman terbaik saya.
10. Alvian, yang selama ini juga memberikan saya semangat dan dukungan.

Saya menyadari bahwa penulisan Tugas Akhir ini masih belum sempurna sehingga kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk lebih menyempurnakan Tugas Akhir ini.

Salatiga, 16 Februari 2017

Penulis

## ABSTRAK

Senyawa eugenol merupakan senyawa yang tersusun atas komponen 1-hidroksi 2-metoksi 4-alil benzena yang merupakan golongan senyawa hidrokarbon teroksidasi yang berbentuk cair. Ikatan pada molekul-molekul zat cair dianalogikan seperti pegas yang bergetar. Osilasi yang terjadi dari dua atom dapat bervariasi dan bergantung pada frekuensi getaran molekulnya. Bilamana sebuah sinar inframerah-dekat dijatuhkan pada ikatan atom yang sedang bergetar maka sinar yang memiliki frekuensi yang sesuai dengan getaran atom-atomnya akan diserap. Dengan prinsip-prinsip itu Spektrometer NIR digunakan untuk menganalisa karakteristik getaran yang terjadi pada ikatan molekul eugenol. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi pengaruh tinggi rendahnya suhu terhadap getaran molekul eugenol sehingga dapat diketahui karakteristiknya. Penelitian dilakukan dengan menggunakan program Matlab untuk menganalisa data, seperti *spectral analysis by used perturbation (temperature-dependent), difference spectra, centering methods*, dan menghaluskan garis-garis spektrum dengan metode *Savitzky-Golay*. Dengan adanya peningkatan suhu menyebabkan makin besarnya jarak antar puncak intensitas spektrum transreflektansi. Sehingga dari hal tersebut dapat diketahui bahwa tinggi rendahnya suhu hanya mempengaruhi besar-kecilnya getaran molekul eugenol dimana hanya terjadi perpanjangan ikatan molekulnya saja pada tingkat dasar, dan pengurangan konsentrasi molekul senyawanya.

*Kata Kunci : Spektroskopi NIR, Eugenol, Suhu.*



## PENDAHULUAN

Pada permulaan sejarah minyak atsiri, manusia menaruh perhatian besar terhadap pernapasan tanaman yang berbau wangi dan kemudian dari tanaman yang mudah rusak itu ditemukan adanya senyawa kimia yang mudah menguap. Dari hasil pemanasan pada tanaman itu mengakibatkan bau dan penguapan pada peristiwa kondensasi dan pendinginan, terbentuk tetesan kondensat berupa cairan yang terdiri dari dua lapisan yaitu lapisan minyak dan air. Dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan secara berangsur-angsur terjadilah perbaikan dalam metode pembuatan minyak, dan sejalan dengan perkembangan itu, pengetahuan tentang penyusun (*constituent*) utama dalam minyak atsiri semakin dapat dikuasai. Ditemukan bahwa minyak tersebut terutama terdiri dari persenyawaan (*compound*) kimia mudah menguap, termasuk golongan hidrokarbon asiklik dan hidrokarbon isosiklik serta turunan hidrokarbon yang telah mengikat oksigen. Dan beberapa persenyawaan yang mengandung nitrogen dan belerang [1].

Minyak cengkeh merupakan salah satu minyak atsiri yang cukup besar produksinya di Indonesia. Minyak ini terdiri dari 2 komponen utama yaitu eugenol (80-90%) dan kariofilen (10-20%) [2]. Senyawa eugenol yang mempunyai rumus molekul  $C_{10}H_{12}O_2$  mengandung beberapa gugus fungsional yaitu alil ( $-CH_2CH=CH_2$ ), fenol ( $-OH$ ) dan metoksi ( $-OCH_3$ ), sehingga dengan adanya gugus tersebut dapat memungkinkan eugenol sebagai bahan dasar sintesis berbagai senyawa lain yang bernilai lebih tinggi seperti isoeugenol, eugenol asetat, isoeugenol asetat, benzil eugenol, benzil isoeugenol, metil eugenol, eugenol metil eter, eugenol etil eter, isoeugenol metil eter, vanilin dan sebagainya (Bulan, 2004; Mustikarini, 2007). Dimana senyawa eugenol serta berbagai senyawa turunannya mempunyai peran yang strategis dalam berbagai industri, yaitu : industri farmasi, industri makanan, minuman, dan rokok, industri pestisida nabati, industri kemasan aktif, industri kimia lainnya [3].

Jika suatu radiasi gelombang elektromagnetik mengenai suatu materi, maka akan terjadi suatu interaksi, diantaranya berupa penyerapan energi (*absorpsi*) oleh atom-atom atau molekul-molekul dari senyawa tersebut. Absorpsi inframerah menyebabkan peningkatan amplitudo getaran (*vibrasi*) atom-atom pada suatu molekul. Panjang gelombang yang diserap oleh suatu tipe ikatan tertentu, bergantung pada jenis getaran dari ikatan tersebut. Oleh karena itu tipe ikatan yang berlainan (C – H, C – C, O – H, dan sebagainya) menyerap radiasi inframerah pada panjang gelombang yang berlainan [4].

Bila atom saling terikat membentuk molekul, energi dilepaskan (biasanya sebagai kalor atau cahaya). Jadi, untuk molekul agar terdisosiasi menjadi atom-atomnya, harus diberikan energi [5]. Sesaat sebelum molekul senyawa eugenol dipanaskan, keadaan molekul senyawanya masih berupa 1-hidroksi 2-metoksi 4-alil benzena yang saling berikatan. Tetapi, ketika suhu senyawa eugenol



tersebut dinaikkan, maka senyawa eugenol akan berubah menjadi gugus fungsi turunannya atau berubah menjadi senyawa baru. Penyebabnya adalah ketika suhu dinaikkan, energi gerak atau energi kinetik molekul akan bertambah sehingga tumbukkan lebih sering terjadi. Akibatnya antara atom yang satu dan atom yang lainnya akan saling mempengaruhi yang mengakibatkan adanya pemutusan ikatan molekul-molekul senyawa eugenol yang membentuk gugus fungsi turunan ataupun gugus fungsi senyawa baru.

Pada penelitian ini digunakan spektroskopi inframerah dekat (*Near infrared Spectroscopy, NIRS*) untuk mendeteksi struktur atau komposisi kimia dari senyawa eugenol bunga cengkeh yang diekstrak dengan cara *Distilasi Uap* dengan cara menaikkan suhu sampel.

NIRS menggunakan jendela pada panjang gelombang elektromagnetik sekitar 800-2500 nm atau  $4000 - 10000 \text{ cm}^{-1}$  yang menjangkau vibrasi *overtone* dan kombinasi *overtone* molekul yang memiliki ikatan  $-\text{CH}$ ,  $-\text{OH}$ , dan  $-\text{NH}$ . *Transflectance cover* digunakan sebagai pemantul radiasi NIRS untuk sampel cair. Hasil dari pemantulan radiasi NIRS ini berupa spektrum dan umumnya sulit untuk dianalisis karena kerumitannya, maka dari itu diperlukan kalibrasi dengan teknik lain supaya diperoleh informasi sesuai dengan yang diharapkan [6].

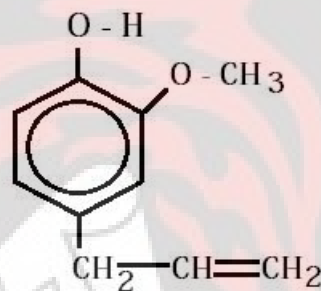
Tujuan penelitian adalah mengetahui pengaruh perubahan suhu terhadap struktur senyawa eugenol dan mengetahui gugus fungsi senyawa eugenol saat suhu dinaikkan kemudian perlahan-lahan suhu diturunkan.

Dengan mengetahui struktur atau komposisi kimia senyawa eugenol pada suhu tinggi perlahan-lahan menuju ke suhu yang lebih rendah, diharapkan dapat memberikan informasi penting bagaimana sifat atau karakteristik senyawa eugenol karena pengaruh suhu sehingga fungsi senyawa eugenol dapat diketahui kegunaannya sehingga dapat diterapkan dan dikembangkan sebagai bahan baku pada berbagai macam industri maupun penelitian komponen dan sifat senyawa kimia bahan organik yang harus diselidiki fungsinya agar berguna bagi kehidupan manusia. Indonesia memiliki kekayaan alam yang sangat banyak, tetapi pengetahuan tentang bagaimana cara mengelola terhadap bahan dasar alam itu masih sangat kurang. Sehingga diharapkan dengan penelitian ini memberikan kontribusi supaya pemanfaatan salah satu bahan baku kekayaan alam yang Indonesia miliki yaitu eugenol dapat dioptimalkan fungsinya sesuai dengan kemajuan ilmu pengetahuan.

## KAJIAN TEORI

### 1. Eugenol

Hasil analisa ekstrak bunga cengkeh dengan GC-MS seperti yang dilaporkan oleh Nasar *et al* (2007) menunjukkan bahwa komponen utama pada minyak cengkeh adalah eugenol. Eugenol (1-hidroksi 2-metoksi 4-alil benzena) adalah senyawa golongan hidrokarbon teroksidasi (oxygenated hydrocarbon) yang merupakan cairan minyak tidak berwarna atau sedikit kekuningan, mudah menguap, akan menjadi coklat jika kontak dengan udara dan berasa getir. Mempunyai rumus molekul  $C_{10}H_{12}O_2$  dan bobot molekul 164.2 gr/mol. Eugenol mempunyai *flavor* rempah-rempah dengan rasa pedas dan panas, sehingga banyak digunakan sebagai *flavor* dalam produk rokok, minuman tidak beralkohol, berbagai produk pangan serta kosmetik (Bedoukian 1967). Rumus bangun eugenol ditunjukkan pada gambar dibawah ini [7] :



**Gambar 1.** Rumus Bangun Eugenol (Ogata. *et al* 2000)

### 2. A. Dasar-Dasar Spektroskopi Infra Merah Dekat

Spektroskopi inframerah digunakan untuk meneliti karakteristik dari sebuah sampel. Getaran molekul menyebabkan getaran pita-pita yang terletak diantara pertengahan inframerah ( $400 - 4000\text{ cm}^{-1}$ ) dimana pita-pita itu yang paling intens dan sederhana. Pendekatan pertengahan inframerah, daerah NIR yang mencakup kurang lebih  $4000$  dan  $12.500\text{ cm}^{-1}$  ( $2,5 - 0,8\text{ }\mu\text{m}$ ). Daerah ini merupakan daerah penyerapan pita-pita yang sesuai dengan *overtones* dan kombinasi dari getaran fundamental.

Penyerapan radiasi inframerah oleh sebuah molekul menyebabkan getaran ikatan-ikatan individu (*individual bonds*) yang mirip dengan osilator diatomik. Jadi lebih mudah memulai dari getaran sederhana molekul diatomik dan kemudian mengembangkannya untuk memperluas konsep-konsep poliatomik [8].

### B. Osilator Anharmonik

Pengamatan secara eksperimental memberikan bukti bahwa semua molekul tidak memiliki sifat osilator ideal. Pertama, jarak antara level energi getaran tidak sama,

sehingga *hot bands* tidak mempunyai frekuensi yang sama persis dengan *fundamental band*. Kedua, transisi *overtone* dari  $v=0$  ke  $v=2, 3, 4, \dots$  diperbolehkan.

Hal ini didasarkan atas sifat penyimpangan osilator harmonik, yang ditunjukkan melalui dua penyimpangan :

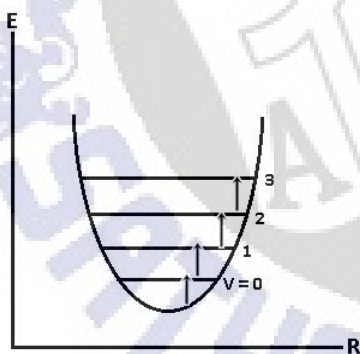
- Penyimpangan pertama, disebut sebagai mekanik anharmonik yang dinyatakan dengan suku kubik dan orde lebih tinggi dari energi potensial, ditunjukkan dalam :

$$V = \frac{1}{2}kx^2 + k'x^3 + \dots \quad k' \ll k$$

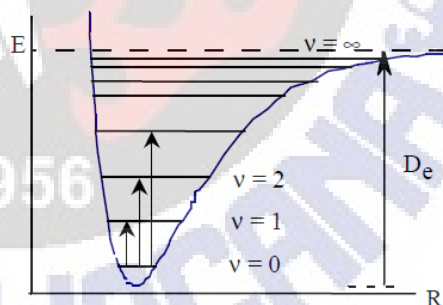
Persamaan diatas telah ditunjukkan dalam persamaan Schrodinger untuk menentukan tingkat level energi terbawah yang diperbolehkan pada osilator anharmonik. Penyelesaiannya diperoleh dari metode pendekatan atau keacakkan dan mengarahkan ke tingkat energi (dalam  $\text{cm}^{-1}$ ), yang dapat ditulis sebagai :

$$\begin{aligned} G(V) &= \frac{E_{vib}}{hc} = \bar{\nu} \left( v + \frac{1}{2} \right) - x_e \bar{\nu} \left( v + \frac{1}{2} \right)^2 \\ &= \bar{\nu} \left( v + \frac{1}{2} \right) - x \left( v + \frac{1}{2} \right)^2 \end{aligned}$$

Dalam hal ini  $x_e$  dinyatakan sebagai konstanta anharmonik  $x = \bar{x}_e v$ . Tidak seperti osilator harmonik, level energinya tidak sama, yang ditunjukkan seperti pada gambar 2 dibawah ini :



(a). Kurva energi potensial osilator harmonik



(b). Kurva energi potensial osilator anharmonik

**Gambar 2.** Perbedaan tingkat tenaga potensial antara osilator harmonik dan osilator anharmonik. (a) Osilator harmonik, jarak antara tingkat tenaga vibrasi adalah sama dan melibatkan transisi  $\Delta n = \pm 1$  sehingga transisi dari  $n = 0$  ke  $n = 2$ , dst tidak diperkenankan.

(b) Osilator anharmonik, jarak antara tingkat tenaga vibrasi tidak sama dan melibatkan transisi  $\Delta n > 1$  sehingga transisi dari  $n = 0$  ke  $n = 2$ , dst diperkenankan.

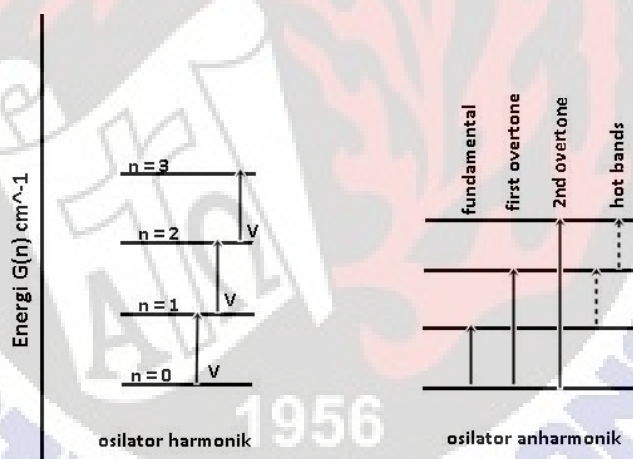
Persamaan empirisnya disebut sebagai Fungsi Morse, yang digambarkan dalam gambar 2, telah sering digunakan untuk fungsi potensial anharmonik :

$$V = D_e (1 - e^{-\beta x})^2$$

Dimana  $\beta$  adalah sebuah konstanta dan  $D_e$  adalah energi disosiasi yang diukur dari posisi kesetimbangan, yang merupakan daerah minimum kurva. Untuk energi potensial  $D_e$  diberikan oleh :

$$D_e = \frac{\bar{\nu}^2}{4x_e}$$

- Penyimpangan kedua, disebut sebagai elektrik anharmonik, bertanggungjawab untuk menghasilkan *overtone* yang bersesuaian dengan transisi level energi yang berbeda oleh dua atau tiga kesatuan energi kuantum vibrasi ( $\Delta V = +2, +3, \dots$ ) didalam spektrum inframerah. Anharmonik muncul dari pengaruh kelipatan dan momen dipole yang tinggi, seperti yang ditunjukkan dalam gambar 3 dibawah ini :



**Gambar 3.** Diagram level energi dan transisi asosiasi

Seperti yang terlihat pada gambar 3, untuk osilator anharmonik, frekuensi penyerapan *overtone* tidak tepat berada pada  $n=2$ ,  $n=3$ , dst dari fundamental. Oleh karena itu, untuk menghitung mekanik anharmonik, frekuensi *hot bands* lebih kecil dari transisi fundamental [9].

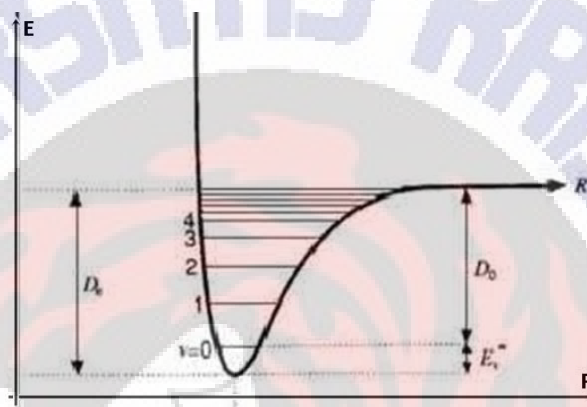
### 3. Termokimia Dan Energi Disosiasi Molekul-Molekul Diatom

- Termokimia

Termokimia mencakup kalor yang diserap atau dilepaskan dalam reaksi kimia, dalam perubahan fasa, atau dalam pengenceran suatu larutan. Reaksi *eksoterm*

melepaskan kalor dan mempunyai nilai negatif untuk  $\Delta H$  atau  $\Delta U$ , dan reaksi *endoterm* menyerap kalor dan mempunyai nilai positif untuk  $\Delta H$  atau  $\Delta U$ . Kalor yang dilepaskan atau diserap oleh reaksi kimia dapat ditentukan dengan kalorimetri : ada dua jenis percobaan kalorimeter, yaitu volum tetap dan tekanan tetap. Dalam kalorimeter volum tetap tidak ada kerja yang dilakukan dan dengan demikian kalor yang diabsorpsi sama dengan pertambahan energi dalam  $\Delta U$ . Dalam kalorimeter tekanan tetap, kerja dilakukan sedemikian sehingga kalor yang diabsorpsi sama dengan pertambahan entalpi  $\Delta H$  [10].

- Energi Disosiasi Molekul-Molekul Diatom



**Gambar 4.** Kurva energi potensial bagi suatu molekul diatom sebagai fungsi dari jarak antar atom  $R$ .  $D_0$  adalah energi disosiasi spektroskopik sedangkan  $D_e$  adalah energi disosiasi kesetimbangan yang diukur dari minimum kurva energi kesetimbangan.

Energi potensial suatu molekul diatom sebagai fungsi dari jarak antar inti  $R$ , yang diperlihatkan pada gambar 4 merupakan energi disosiasi keadaan setimbang ke keadaan getaran dasar. Bila inti-inti didekatkan satu sama lain, energi berkurang karena gaya tarikan ikatan kimia, tetapi bila inti-inti tersebut ditekan amat sangat dekat satu sama lain, energi potensial meningkat dengan cepat karena tolakan antar inti. Jarak antar inti  $R_e$  pada minimum dari kurva energi potensial diambil sebagai jarak kesetimbangan antar inti. Energi disosiasi  $D_e$  diukur dari minimum kurva energi potensial tersebut dan diambil sebagai energi disosiasi kesetimbangan. Ini merupakan energi disosiasi yang didapatkan secara langsung dari penyelesaian persamaan Schrodinger bagi suatu molekul diatom.  $D_0$  merupakan energi disosiasi spektroskopik yang diperlukan untuk menguraikan suatu molekul yang dalam keadaan getaran dasarnya, menjadi dua atom [11].



## METODOLOGI PENELITIAN

### 1. Preparasi Sampel

Sampel yang digunakan dalam penelitian adalah minyak atsiri cengkeh hasil penyulingan dengan cara destilasi uap. Kemudian reflektor dipanaskan dengan menggunakan kompor induktor hingga mencapai suhu tinggi tertentu dan diletakkan diatas sampel yang telah tersedia pada cawan petri lalu kemudian dipindai. Pembacaan suhu menggunakan termometer elektrik yang dihubungkan langsung pada sampel.

Dalam proses pemindaian, waktu pemindaian yang dilakukan tergantung pada proses penurunan suhu. Rentang waktu dibutuhkan adalah 5 detik untuk setiap penurunan suhu dari suhu  $53^{\circ}\text{C}$  – suhu  $32,1^{\circ}\text{C}$ , hal ini dilakukan karena dari pada rentang suhu itu, suhu sampel mengalami penurunan suhu yang sangat cepat sehingga dibutuhkan waktu yang singkat juga dalam pemindaian agar setiap perubahan gerakan molekul-molekulnya yang terbaca sebagai pita-pita spektrum serapan, didapatkan hasil yang baik. Sedangkan untuk suhu  $32,1^{\circ}\text{C}$  –  $26,7^{\circ}\text{C}$ , pemindaian yang dilakukan membutuhkan waktu selama 1 menit. Hal ini dilakukan karena pada suhu itu hampir mencapai suhu kesetimbangan antara sampel dan lingkungan dimana waktu yang dibutuhkan untuk mencapai suhu setimbang membutuhkan waktu yang cukup banyak.



Gambar 1. Cawan petri dipanaskan dengan menggunakan kompor induktor.



Gambar 2. Proses pemindaian molekul eugenol, dimana cawan petri yang telah dipanaskan diletakan diatas eugenol.

## 2. Pengolahan Data

Data spektrum berupa pita-pita serapan sebanyak 14 data sebagai fungsi suhu. Analisis spektrum yang digunakan adalah *spectral analysis by used perturbation (temperature-dependent)*, *difference spectra* dan *centering methods*.

Analisis spektrum berdasarkan gangguan (*temperature-dependent*) digunakan karena beberapa pita sangat sensitif terhadap gangguan (suhu). Misalnya, pita-pita yang disebabkan oleh grup OH dan NH sering sensitif terhadap variasi suhu karena pita-pita tersebut sering mengalami gangguan dengan ikatan hidrogen, tetapi sebaliknya pita-pita grup CH biasanya tidak sensitif dengan hal itu. Selain itu pita-pita yang berasal dari grup OH sering dianggap berasal dari grup CH [9].

*Difference spectra* dan *centering methods* digunakan untuk meningkatkan resolusi spektrum dengan cara memperjelas garis spektrum antara dua atau lebih garis spektrum yang berbeda karena perbedaan suhu.

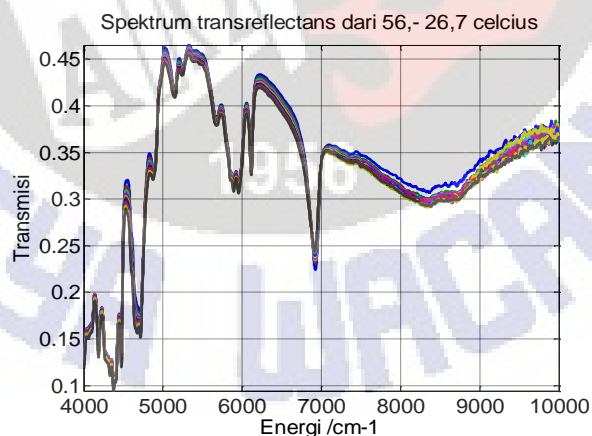


## HASIL DAN PEMBAHASAN

Eugenol merupakan senyawa aromatik yang memiliki gugus fungsional seperti benzena, fenol, metoksi eter, dan ikatan rangkap alil. Semua gugus ini adalah gugus aktif yang dapat mengalami reaksi kimia. Contohnya cincin benzena dapat mengalami reaksi reduksi membentuk cincin sikloheksana atau mengalami reaksi adisi untuk menambahkan gugus pada satu atom karbon pada ikatan rangkapnya (Ferry F. Karwur dan Haryono Semangun).

Setiap molekul penyusun suatu senyawa mempunyai energi getar dan energi rotasi pada suhu ruang. Pada suhu ruang, getaran dan rotasi molekul mempunyai energi di tingkat keadaan dasarnya. Getaran molekul-molekul itu dianalogikan seperti pegas. Molekul-molekul senyawa eugenol mempunyai energi getaran tertentu sesuai dengan karakteristik molekul-molekul penyusun senyawanya. Ketika senyawa eugenol dipanaskan hingga mencapai suatu ketinggian suhu tertentu, molekul-molekulnya mendapat tambahan energi yang digunakan untuk bergetar dan jika suhunya semakin tinggi maka struktur senyawanya akan berubah. Getaran dari setiap molekul dapat diketahui melalui energi gelombang elektromagnetik *Near-Infrared* yang ditransreflektasikan.

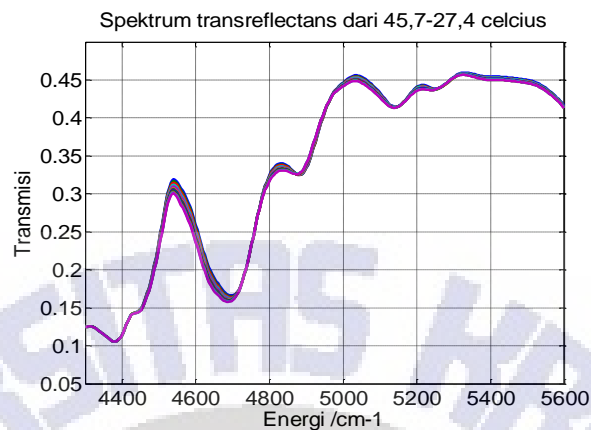
Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil pengukuran dengan menggunakan spektroskopi NIR, didapatkan karakteristik getaran molekul-molekul senyawa eugenol tersebut dari suhu tinggi 53°C ke suhu rendah 26,7°C. Data yang dihasilkan berupa spektrum transreflektans NIR dengan wilayah serapan dari 4300 – 5600  $\text{cm}^{-1}$ .



Gambar 1. Spektrum asli transreflektans molekul eugenol dari suhu 56 – 27,6°C pada rentang Energi 4000 – 7000  $\text{cm}^{-1}$ .

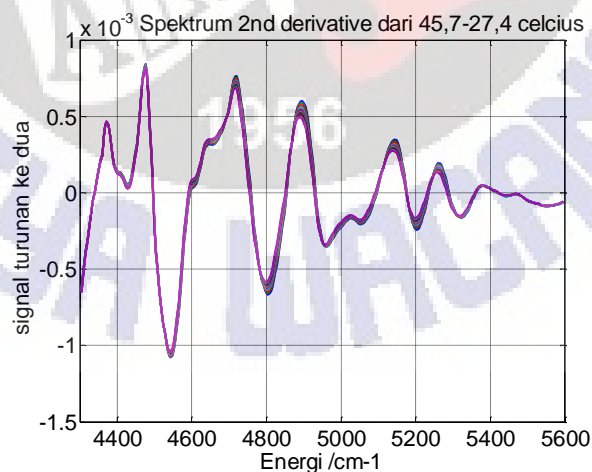
Gambar 1 menunjukkan spektrum asli transreflektans serapan molekul eugenol. Dari data spektrum tersebut diketahui berada pada rentang energi 4000 – 7000  $\text{cm}^{-1}$ . Spektrum ini merupakan spektrum asli dari data matriks yang masih bersifat multikolinearitas. Multikolinearitas ini muncul

akibat spektrum yang terdiri dari pita-pita overtone dan kombinasi yang pengaruh tumpang tindihnya sangat kuat (Yukihiro Ozaki, Shigeaki Morita, dan Yiping Du. 2007).



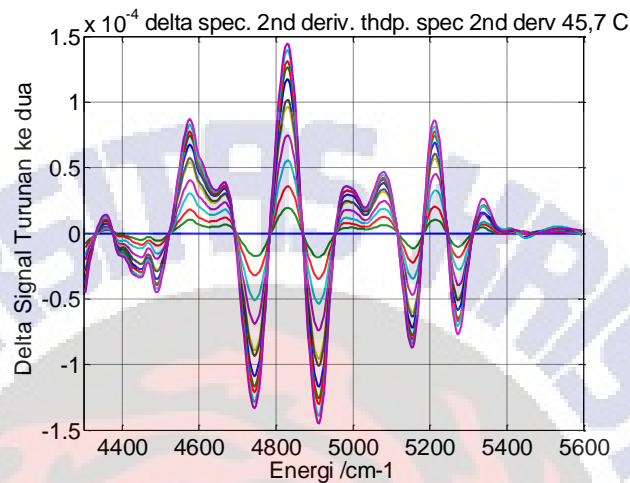
Gambar 2. Spektrum turunan pertama dari spektrum original molekul eugenol dari suhu 45,7 – 27,4°C pada rentang Energi 4000 – 5600  $\text{cm}^{-1}$ .

Gambar 2 merupakan spektrum transreflektans dari spektrum original molekul eugenol pada rentang energi 4000 – 5600  $\text{cm}^{-1}$ . Pada spektrum ini suhu yang paling rendah dan suhu yang paling tinggi tidak digunakan agar menghilangkan gangguan pada spektrum yang teramati. Banyaknya *overtone* yang muncul pada wilayah NIR mengganggu resolusi spektrum. Oleh karena itu untuk meningkatkan resolusi spektrum digunakan metode *Savitzky-Golay* agar frekuensi *noise* yang tidak perlu dapat dihilangkan.



Gambar 3. Spektrum turunan kedua dari suhu 45 – 27,4°C dari rentang Energi 4000 – 5600  $\text{cm}^{-1}$ . Baseline pada spektrum ini sudah terlihat jelas sehingga puncak spektrum dapat ditentukan dengan baik.

Spektrum pada gambar 3 adalah spektrum turunan kedua dari rentang energi 4000 – 5600  $\text{cm}^{-1}$ . Perbedaan puncak dan lembah pada spektrum ini sudah dapat dibedakan. Tetapi, untuk menentukan perbedaan suhu antara puncak-puncak spektrum belum dapat ditentukan karena jarak antara garis-garis spektrumnya masih tumpang tindih.



Gambar 4. Delta spektrum turunan kedua terhadap spektrum turunan kedua 45°C. Dalam gambar ini, perbedaan puncak-puncak spektrum setiap daerah serapan akibat pengaruh suhu sudah terlihat.

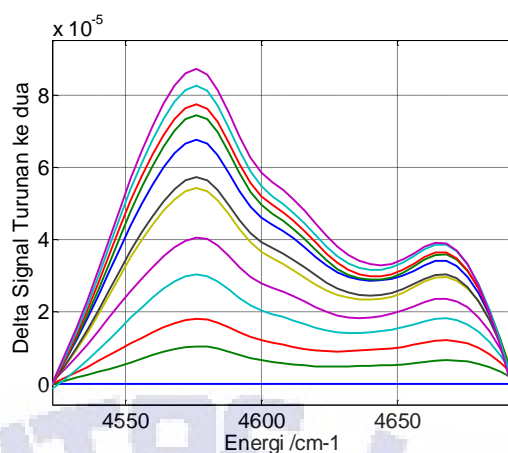
Spektrum pada gambar 4 merupakan spektrum turunan kedua dimana spektrum pada suhu 45,7°C di kurangi dengan masing-masing spektrum pada suhu dibawahnya dan dikurangi dengan spektrum suhu 45,7°C itu sendiri. Pada spektrum ini terlihat dengan jelas perbedaan suhu melalui jarak antara puncak spektrum pada masing-masing wilayah energi gelombang 4000 – 5600  $\text{cm}^{-1}$ .

Dari spektrum ini dapat diketahui getaran ikatan molekul eugenol yang sesuai dengan energi gelombang elektromagnetik NIR. Berdasarkan *Practical Guide to Interpretive Near-Infrared Spectroscopy*, spektrum senyawa eugenol yang berada pada rentang energi 4000 – 5600  $\text{cm}^{-1}$  adalah :

1. Puncak serapan 4576 dan 4664  $\text{cm}^{-1}$ .

Terlihat pada gambar 5, ada dua puncak energi transreflektans molekul eugenol yang terbentuk. Hal ini disebabkan oleh getaran *bending* molekul O – H dan getaran *stretching* molekul C – H yang terjadi pada keadaan dasar. Jarak antara intensitas serapan dari suhu paling tinggi ke suhu paling rendah tidak terlalu signifikan. Sehingga dapat dikatakan bahwa pengaruh suhu pada ikatan molekul O – H dan ikatan molekul C – H hanya meningkatkan getaran molekul-molekulnya.

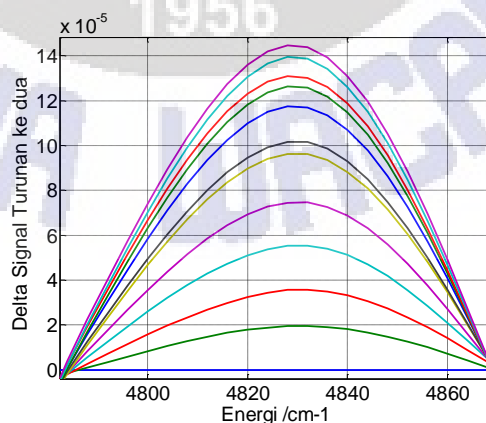




Gambar 5. Perbesaran puncak spektrum pada rentang energi 4520 – 4700  $\text{cm}^{-1}$ . Pada spektrum ini, pergeseran intensitas setiap puncak spektrum dari masing-masing suhu hampir tidak ada. Yang terlihat adalah jarak antara intensitas puncak spektrum dari masing-masing suhu. Semakin besar suhu, jarak antara intensitas puncak spektrumnya semakin besar. Semakin rendah suhu, jarak antara puncak spektrumnya semakin kecil.

## 2. Puncak serapan 4828 $\text{cm}^{-1}$

Pada puncak serapan ini, getaran molekul yang terjadi adalah getaran molekul O – H *stretching* dan *bending* yang terjadi pada keadaan dasar. Hal ini disebabkan karena pengaruh suhu tinggi pada ikatan hidrogen yang mungkin lepas sehingga konsentrasi molekul eugenol semakin berkurang akibat getaran molekul-molekulnya yang semakin besar yang ditandai dengan penguapan.

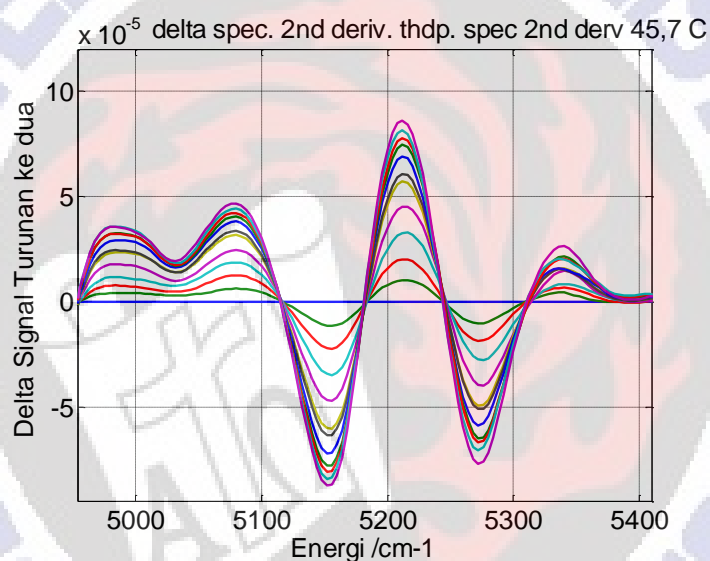


Gambar 6. Perbesaran puncak spektrum dari rentang energi 4790 – 4860  $\text{cm}^{-1}$ . Pada spektrum ini, hanya terdapat satu puncak serapan saja dengan jarak antara intensitas puncak spektrum dari masing-masing suhu.

Semakin besar suhu, jarak antara intensitas puncak spektrumnya semakin besar. Semakin rendah suhu, jarak antara puncak spektrumnya semakin kecil.

3. Puncak serapan 4950 – 5400  $\text{cm}^{-1}$

Pada puncak serapan ini, getaran molekul yang terjadi adalah getaran molekul C – O *stretching* dan getaran molekul O –H *stretching* dan bending yang terjadi pada keadaan dasar. Tetapi, pada wilayah serapan ini tidak dapat ditentukan dengan jelas getaran molekul yang sebenarnya karena pengaruh banyaknya *overtone* dan kombinasi yang terjadi. Tetapi, intensitas puncak spektrumnya terlihat ada perbedaan akibat pengaruh tinggi rendahnya suhu.



Gambar 6. Perbesaran puncak spektrum dari rentang energi 4950 – 5400  $\text{cm}^{-1}$ . Karena pengaruh *overtone* dan pita kombinasi yang banyak terjadi pada daerah ini, maka penentuan getaran molekulnya belum dapat ditentukan dengan pasti. Tetapi pada gambar terlihat jelas perbedaan intensitas setiap spektrum serapan pada masing-masing suhu tetapi tidak terjadi pergeseran puncak.

## KESIMPULAN

Dari data spektrum hasil percobaan, dapat disimpulkan bahwa molekul-molekul senyawa eugenol sensitif terhadap suhu. Suhu mengubah panjang ikatan molekul-molekul eugenol. Hal ini terlihat dari perubahan jarak intensitas molekul eugenol. Semakin tinggi suhu, maka jarak antara intensitasnya akan semakin besar, getaran molekulnya semakin besar. Tetapi semakin rendah suhunya, jarak antara intensitas serapan semakin kecil, getaran molekulnya semakin kecil. Semua getaran hanya terjadi pada keadaan dasar saja. Hal ini disebabkan karena pengaruh perbedaan suhu yang besar antara suhu eugenol dan suhu lingkungan. Sehingga banyak panas yang terbuang dari molekul eugenol ke lingkungan dalam waktu yang cepat. Jadi, pada percobaan ini suhu hanya digunakan untuk mengubah panjang ikatan molekul eugenol. Selain itu jumlah molekul eugenolnya semakin berkurang karena molekul eugenol merupakan senyawa aromatik yang pada suhu ruang saja (25°C) mudah menguap.

## SARAN

1. Untuk melaksanakan percobaan-percobaan berikutnya digunakan suhu yang lebih rendah lagi. Karena molekul eugenol merupakan senyawa aromatik yang mudah menguap sehingga penentuan getaran molekul-molekulnya kemungkinan akan lebih baik. Selain itu, kemurnian sample juga perlu diperhatikan agar mendapatkan hasil penelitian yang diharapkan.
2. Pada penelitian berikutnya diharapkan lebih menitikberatkan pada energi disosiasi molekul-molekulnya agar didapatkan informasi yang lebih akurat lagi mengenai sifat-sifat dari molekul yang diamati.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Guenther, Ernest. Haagen-Smit, A.J, Ph.D., Langenau, Edward. E, B.S., Urdang, George, Ph.G., D.Sc., Nat., Sc.D. Minyak Atsiri. Jilid I. Universitas Indonesia. 1987.
- [2] I Made Sudarma\*, Maria Ulfa, and Sarkono. SYNTHESIS OF 4-ALLYL-2-METHOXY-6-AMINOPHENOL FROM NATURAL EUGENOL. Laboratory of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Mataram University. Received August 1, 2008; Accepted October 20, 2008.
- [3] Towaha, Juniaty\*. Manfaat Eugenol Cengkeh Dalam Berbagai Industri Di Indonesia. Perspektif Vol. 11. No.2/Desember 2012. Hlmn 79-90. ISSN: 1412-8004. \*email : [juniaty\\_tmunir@yahoo.com](mailto:juniaty_tmunir@yahoo.com)
- [4,5] Fessenden, 1997, "Kimia Organik", jilid 1, edisi ketiga, Erlangga, Jakarta.
- [6] Siswanti, Eka. KLASERISASI AIR PERMUKIMAN DAERAH SUMBER BATUBARA MENGGUNAKAN SPEKTROSKOPI INFRAMERAHDEKAT. Program Studi Pendidikan Fisika. Fakultas Sains dan Matematika. Universitas Kristen Satya Wacana. Salatiga. 2014.
- [7] Syaiful, Friska. Pengaruh Penambahan Ekstrak Etanol Cengkeh (*Eugenia caryophyllata* Thunb) dalam Sosis untuk Penghambatan Kerusakan Oksidatif Lemak. IPB (Bogor Agricultural University).
- [8,9] Bokobza, L2002. Origin of Near Infrared Absorbtion Bands, In: Near Infrared Spectroscopy – Principels, Instrumentations, Aplications H.W Siesler, Y. Ozaki, S. Kawata, H, M. heise eds. Jhon Wiley-VCH, Weinheim Germany.
- [10,11] Alberty, Robert A. Daniels, Farrington. Kimia Fisika. Jilid 1. Erlangga. 1983. Jakarta.